

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-264879

(43)Date of publication of application : 07.10.1997

(51)Int.Cl.

G01N 29/14
H01L 41/08
H01L 41/187
H01L 41/22

(21)Application number : 08-073420

(71)Applicant : OSAKA GAS CO LTD

(22)Date of filing : 28.03.1996

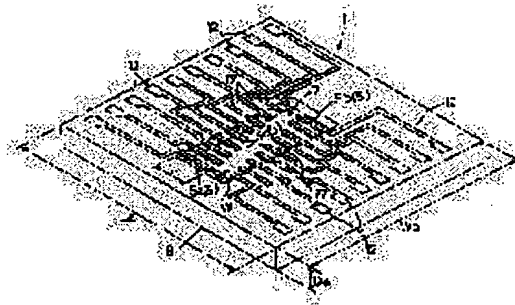
(72)Inventor : NISHINO HITOSHI
TADA SHINICHI
NAKAOKA SHIYUNSETSU
YAMADA YOSHIYUKI
KOBAYASHI TAKASHI
OKUYAMA MASANORI
YAMASHITA KAORU

(54) THIN FILM TYPE MICRO AE SENSOR AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect with high sensitivity and high resolution by providing multiple beam parts which have the first base resonance frequency and the second base resonance frequency, different from an integral-multiple of it, respectively, and whose extension length is different from each other.

SOLUTION: A sensor 1 comprises an object contacting surface 6 and a substrate supporting part 8 provided with an opening 7 at its top, and each beam 5 is held on the supporting part 8 in the condition where it is protruded to the opening 7, like a cantilever type. The beam part 5 comprises a beam part 5a which has the first base resonance frequency, a beam part 5b which has the second base resonance frequency which is different from an integral-multiple of the first base resonance frequency, and a beam part 5c which has the resonance frequency which is an integral-multiple of the first or second base resonance frequency. Further, the frequency of AE vibration in the detection condition is specified with a frequency detecting means of an output analysis part, based on the outputs from the beam parts 5a-5c. By this configuration, the frequency-resolved output is obtained for each frequency decided with the structure, based on the outputs of the beam parts 5a-5c.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 03.02.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 2 6 4 8 7 9

(43) 公開日 平成 9 年 (1 9 9 7) 1 0 月 7 日

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G01N 29/14			G01N 29/14	
H01L 41/08			H01L 41/08	Z
41/187			41/18	101 D
41/22			41/22	Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平 8 - 7 3 4 2 0
(22) 出願日 平成 8 年 (1 9 9 6) 3 月 2 8 日

(71) 出願人 0 0 0 0 0 2 8 4
大阪瓦斯株式会社
大阪府大阪市中央区平野町四丁目 1 番 2 号
(72) 発明者 西野 仁
大阪府大阪市中央区平野町四丁目 1 番 2 号
大阪瓦斯株式会社内
(72) 発明者 多田 進一
大阪府大阪市中央区平野町四丁目 1 番 2 号
大阪瓦斯株式会社内
(72) 発明者 中岡 春雪
大阪府大阪市中央区平野町四丁目 1 番 2 号
大阪瓦斯株式会社内
(74) 代理人 弁理士 北村 修

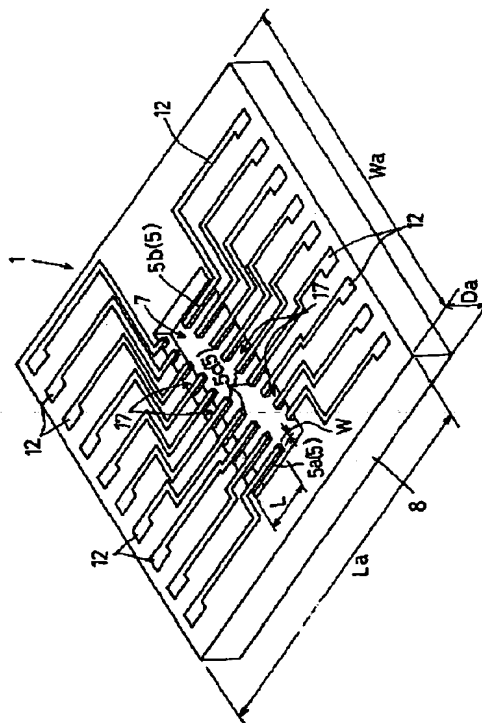
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜式微小 A E センサ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 周波数帯域 2 0 ~ 1 0 0 K H z の A E 波を、高い感度、高い分解能で検出できる薄膜式微小 A E センサを得るとともに、このようなセンサの製造方法を得る。

【解決手段】 カンチレバー式の梁部 5 を備えるとともに、梁部 5 に圧電材料の薄膜層を備え、前記薄膜層の歪みに伴う電気出力を検出する出力検出部を、前記薄膜層の表面及び裏面にそれぞれ形成される膜状の電極層として備えた薄膜式微小 A E センサであって、延出長さの異なった複数の前記梁部 5 が備えられるとともに、前記複数の梁部 5 にあって、その共振周波数が第 1 基本共振周波数の第 1 基本周波数梁部 5 a と、前記第 1 基本共振周波数の整数倍とは異なった第 2 基本共振周波数の第 2 基本周波数梁部 5 b とを少なくとも備えて、センサを構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 カンチレバー式の梁部（５）を備えるとともに、前記梁部（５）に圧電材料の薄膜層を備え、前記薄膜層の歪みに伴う電気出力を検出する出力検出部（１０）（１２）を、前記薄膜層の表面及び裏面にそれぞれ形成される膜状の電極層として備えた薄膜式微小 A E センサであって、

延出長さの異なった複数の前記梁部（５）が備えられるとともに、前記複数の梁部（５）にあって、その共振周波数が第 1 基本共振周波数の第 1 基本周波数梁部（５ a）と、前記第 1 基本共振周波数の整数倍とは異なった第 2 基本共振周波数の第 2 基本周波数梁部（５ b）とを少なくとも備えた薄膜式微小 A E センサ。

【請求項 2】 共振周波数が前記第 1 もしくは第 2 基本共振周波数の整数倍に構成される高調波対応梁部（５ c）を備え、前記第 1 もしくは第 2 基本周波数梁部（５ a）（５ b）と前記高調波対応梁部（５ c）との出力から、検出状態にある A E 振動の周波数を求める周波数検出手段を備えた請求項 1 記載の薄膜式微小 A E センサ。

【請求項 3】 前記薄膜層が、C V D 法により作製される無機圧電材料薄膜層である請求項 1 もしくは 2 記載の薄膜式微小 A E センサ。

【請求項 4】 前記無機圧電材料薄膜層が鉛系ペロブスカイト複合酸化物層である請求項 3 記載の薄膜式微小 A E センサ。

【請求項 5】 前記薄膜層が、前記梁部の厚み方向で、前記梁部（５）に於ける曲げ作用の中立面に対して非対称に設けられている請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の薄膜式微小 A E センサ。

【請求項 6】 カンチレバー式の梁部（５）を備えるとともに、前記梁部（５）に圧電材料の薄膜層を備え、前記薄膜層の歪みに伴う電気出力を検出する出力検出部（１０）（１２）を、前記薄膜層の表面及び裏面にそれぞれ形成される膜状の電極層として備えた薄膜式微小 A E センサの製造方法であって、前記梁部（５）を複数備える場合にあって、前記薄膜層を C V D 法により無機圧電材料薄膜層として作製する薄膜式微小 A E センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、カンチレバー式の梁部を備えるとともに、この梁部に圧電材料の薄膜層を備え、前記薄膜層の歪みに伴う電気出力を検出する出力検出部を、前記薄膜層の表面及び裏面にそれぞれ形成される膜状の電極層として備えた A E センサに関するとともに、このようなセンサを製造する場合の製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】圧電材料の圧電特性を利用して、この材料の変形に伴って発生する電気出力を検出して、例え

ば、加速度、振動等を検出しようとするセンサとしては、その代表例として、梁部に圧電材料のバルク体を備えたバルク体圧電素子が知られている。このようなバルク体利用の圧電素子は、その製作上の理由等から、平面視、素子形状の対称性が高く、比較的単純な形状であり、梁の厚み方向では、これが単層構造とされている。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような梁部を単層構造とするものにあつては、まず、梁部が比較的単純な構造であるため、多くの周波数成分を含む波である A E 波を、的確に捕捉、解析するには限界があつた。さらに、この構成のものにあつては、梁部が曲げを受けた場合（図 2 において上下方向に振動した場合）、振動中立面に対して材料の伸縮が、この中立面の上部側と下部側において対称となるため、所謂、発生電圧は相殺される。従つて、得られる電気信号は上下で非対称な伸縮のみの信号となり、信号強度が小さいという問題があつた。このような問題の対策として、梁部をその厚み方向で多層構造とするとともに、圧電素子材料層を前記中立面からの対称性を外して設けることで、比較的高い感度のセンサを得ることができる。しかしながら、多層構造にする場合は、層間に於ける界面の接合が難しく、焼結体のような従来型バルク体を使用するには大きな障害があつた。即ち、界面に接着剤を使用する場合は、この接着剤部で振動の減衰が発生するため、センサ信号強度が向上しにくく、検出感度がわるい。

【 0 0 0 4 】さて、発明者らは、周波数帯域が 2 0 ～ 1 0 0 K H z の A E 波を検出することを目的とした。検出にあつては、帯域が比較的広く、さらに、これを比較的分解能良く検出したい。しかしながら、先にも説明したように、従来型の単一の梁部を有するセンサにあっては、その形状的な要因から、広い帯域を感度よく検出することができなかった。さらに、後述するように、このように比較的広い帯域をカバーしようとする、比較的微小なセンサ構造を有し、異なった延出長さを有する複数の梁部を備えることが好ましいが、この場合、構造が複雑となり、本願のような多層膜構成の複数の梁部を有する構成にあつては、製作時に梁部に残存する歪み等の制御が難しく、圧電材料自体の材料特性を良好に制御することが難しい。したがって、所謂、薄膜製造技術を利用して、多層薄膜構成の薄膜式微小構成のセンサを形成することが考えられるが、ここで、物理蒸着法等を採用する場合にあつては、逆スパッタなどの影響のため、良質な膜が得にくく、カンチレバー式の薄膜式微小センサとして良好な特性を備えたものを得ることができないことを発明者らは見出した。これは、梁部に製作時の歪み等が残留し、感度を悪化する原因となっているためと考えられる。また、この要因から、残留歪みの故に、センサの寿命も短い。さらに、このような物理蒸着法においては、得られる膜の空間的膜厚分布が不均一であるた

め、1 パッチ処理で得られるサイズに限界があり、性能、経済性に問題がある。

【 0 0 0 5 】 以上のような状況から、本発明の目的は、周波数帯域 2 0 ~ 1 0 0 K H z の A E 波を、高い感度、高い分解能で検出できる薄膜式微小 A E センサを得るとともに、このようなセンサの製造方法を得ることにある。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

〔構成〕この目的を達成するための本発明による、カンチレバー式の梁部を備えるとともに、前記梁部に圧電材料の薄膜層を備え、前記薄膜層の歪みに伴う電気出力を検出する出力検出部を、前記薄膜層の表面及び裏面にそれぞれ形成される膜状の電極層として備えた薄膜式微小 A E センサの特徴構成は、延出長さの異なった複数の前記梁部が備えられるとともに、前記複数の梁部において、その共振周波数が第 1 基本共振周波数の第 1 基本周波数梁部と、前記第 1 基本共振周波数の整数倍とは異なった第 2 基本共振周波数の第 2 基本周波数梁部とを少なくとも備えてなることにある。

〔作用・効果〕 A E 波といった比較的、高い周波数領域にあって、広い帯域をカバーして分解能良好に A E 波を検出しようとする、これまで説明してきたように単一梁だけの構造では無理がある。従って、本願の薄膜式微小 A E センサにあっては、少なくとも一対の基本周波数梁部を備える。これらの基本周波数梁部の共振周波数としては、一方が、他方の整数倍にならない関係に選択される。例えば、一方の基本共振周波数を 2 0 k H z に、他方の基本共振周波数を 3 0 k H z に選択する。そして、これらの周波数より高いものは、いずれかの梁部で検出できるようにするのである。このようにすると、比較的高い周波数領域で、広い帯域を対象として広い周波数範囲の検出を良好に行える。

【 0 0 0 7 】 〔構成〕さらに上記の構成において、共振周波数が先の第 1 もしくは第 2 基本共振周波数の整数倍に構成される高調波対応梁部を備え、前記第 1 もしくは第 2 基本周波数梁部と前記高調波対応梁部との出力から、検出状態にある A E 振動の周波数を求める周波数検出手段を備えることが好ましい。

〔作用・効果〕この構成にあっては、高調波対応梁部の出力と基本周波数梁部との出力の関係から、前者が大きな出力を出しており、後者が弱い出力しか出していない場合は、高調波対応梁部の共振周波数の A E 波が入っていることがわかる。逆の場合は、逆の関係が成立する。従って、この構成の薄膜式微小 A E センサにあっては、少なくとも素の関係にある第 1 基本共振周波数と第 2 基本共振周波数と、これらの高調波とを、識別しながら、分解能よく検出することが可能となる。

〔構成〕ここで、前記薄膜層が、 C V D 法により作製される無機圧電材料薄膜層であることが好ましい。

〔作用・効果〕本願の薄膜式微小 A E センサは、上記のような特徴構成を備えることにより、比較的複雑な構造となる。従って、このようなセンサにおいて、最も重要な要件は、積層された状態に於ける圧電材料の特性が良好なこと、さらに、多層構造で複雑な構成を備えた複数の梁部をどのようにして、安定して構成できるかである。ここで、本願にあっては、圧電材料の圧電特性を利用した薄膜を、所謂、無機圧電材料薄膜として形成する。そして、この薄膜層を形成する場合にあって、これを C V D 手法によると、物理的手法に比べて、特性の優れたものとできる。即ち、誘電体薄膜層を形成する場合に、成膜温度条件等から、それが単相ペロブスカイト結晶相を有し、配向特性が優位なものが得やすいこと等が、この手法が有利な理由と考えられる。さらに、物理的製造手法に比較して、 C V D が化学的手法のため成膜時に発生しやすい膜疲労を良好に防止することができる。結果、比較的複雑な構成を有する微小なセンサでありながら、比較的広い帯域幅の A E 波を良好な感度で、さらに分解能良く検出することができる。結果、耐久性においても優れている。

〔構成〕さらに、前記無機圧電材料薄膜層が鉛系ペロブスカイト複合酸化物層であることが好ましい。

〔作用・効果〕鉛系ペロブスカイト複合酸化物は、上記の圧電材料としての良好な特性を有するため、微小でありながら感度の良好な薄膜式微小 A E センサを得ることができる。感度の良好な圧電特性を利用する良好なセンサの構築に有効である。この場合、 C V D 手法を採用する場合は、センサとして比較的複雑な構造を備え、検出可能な周波数帯域が広い場合にあって、なお、感度の高いものを得ることができる。

【 0 0 0 8 】 〔構成〕さらに、前記薄膜層が、梁部の厚み方向で、梁部に於ける曲げ作用の中立面に対して非対称に設けられていることが好ましい。

〔作用・効果〕先にも説明したように、共振に伴う曲げにあっては、圧電材料の梁厚み方向に於ける歪み状態が問題となり、これに非対称性がないことが、センサ出力を増加させる要因となる。従って、薄膜層を梁部の中立面に対して非対称に配設しておくと、相反する歪みでの出力の相殺の問題が解消され、より大きなセンサ出力を得ることができる。以上、説明してきたように、本願のセンサは A E センサとして特に優れた特性を有するが、このようなセンサを製造する場合は、所謂、 C V D 手法を採ることが、先に説明したように非常に有利である。

【 0 0 0 9 】

〔発明の実施の形態〕本願の実施の形態を以下、図面に基づいて説明する。このセンサ 1 は、図 5 に示すように、例えば、使用対象がガス導管 2 であり、関知対象としてガス導管 2 におけるガス漏れの有無を検出するために使用する場合は、対象とするガス導管 2 に装着して使用される。図 5 は、本願のセンサ 1 を一対、ガス導管 2

に装着している状況を示しており、ガス導管 2 に漏れ部 3 がある場合に、この漏れ部 3 から発生する A E 波を、管表面 4 に装着された本願センサ 1 で検出しようとするのである。この実施の形態に示すように、ガス導管 2 に於ける漏れを検出しようとする場合は、A E 波として、周波数 20 ~ 100 kHz のものを検出する必要がある。本願のセンサ 1 は、このような周波数帯を好適にカバーして、検出をおこなうこともできる。

【0010】以下、本願のセンサ 1 の構造、センサの製造方法、センサの特性の順に説明する。

1 センサの構造

図 1 には、本願が対象とするセンサ 1 の斜視図が、さらに、図 2 には、センサ 1 の梁部 5 の断面構成の詳細が示されている。センサ 1 は、検査対象の部材に装着（実質上は接着）される対象物接触面 6 を備え、梁部 5 に対する剛体部となる上部側に開口 7 を備えた平面視矩形箱状の基板支持部 8 と、この基板支持部 8 の開口 7 に突出する複数の梁部 5 とを備えて構成されている。この複数の梁部 5 は以下詳述するように、一体として構成されるために、実質上、これらが本願センサの振動子となる。以下、主に、梁部 5 を中心に話を進める。図 1 に示すように、各梁部 5 は、その長手方向一端側が前記基板支持部 8 に剛に接続支持される構成となっている。従って、この梁部 5 は、所謂、カンチレバー（片持ち梁）構造となっている。各梁部 5 は、横幅 $W = 100 \mu\text{m}$ 、厚み $D = 15000 \text{ \AA}$ 程度、延出長さ $L = 50 \sim 200 \mu\text{m}$ （但し $30 \mu\text{m}$ 刻み）とした。このように、延出長さの異なった複数の梁部 5 を備えることにより、各梁部 5 が受け持てる周波数域が異なることとなるため、センサ全体としては、比較的広い周波数帯域を対象とできる。この構成では、各梁部 5 が対象とする周波数帯域が異なるため、共振を起こし、所定以上の出力が得られている梁部 5 と、この梁部 5 が検出可能な周波数帯域との関係を、的確に把握でき、センサが検出している A E 波が、どの周波数帯域のものかを的確に捕らえることが可能である。上記の動作を確保するために、複数の梁部 5 にあって、その共振周波数が第 1 基本共振周波数（一例として 20 kHz）の第 1 基本周波数梁部 5 a と、前記第 1 基本共振周波数の整数倍とは異なった第 2 基本共振周波数（一例として 30 kHz）の第 2 基本周波数梁部 5 b とが、少なくとも備えられている。さらに、これらの基本周波数梁部 5 a、5 b に対して、共振周波数が第 1 もしくは第 2 基本共振周波数の整数倍（一例として 40、80、・・・kHz）に構成される高調波対応梁部 5 c が備えられている。さらに、検出している A E 波の特定ののために、第 1 もしくは第 2 基本周波数梁部 5 a、5 b と高調波対応梁部 5 c との出力から、検出状態にある A E 振動の周波数を求める周波数検出手段 201 を、出力解析部 200 に備えている。この周波数検出手段 201 は、各梁部 5 a、5 b、5 c の出力関係により、検出し

ている A E 波の周波数を特定し、後の A E 波発生要因、材料の監視の要非等の判断に役立てる。この周波数検出手段 201 の一構成例としては、高調波対応梁部 5 c の出力と基本周波数梁部 5 a、5 b との出力の関係から、前者が大きな出力を出しており、後者が弱い出力しか出していない場合は、高調波対応梁部 5 c の共振周波数の A E 波が入っていることと判断する。一方、逆の場合は、逆の関係と判断する。

【0011】以上が、センサ全体の構造に関する説明であるが、図 2、図 3 に示すように、各梁部 5 は、前記基板支持部 8 と一体に構成される S i 基板上に薄膜を積層した構成とされている。図 2 に示すように、基板支持部側から、基板層 9、下部電極層 10、圧電材料層 11、上部電極層 12 を備えている。そして、この構造により、梁部 5 が歪んだ場合に、圧電材料層 11 に表裏面間で発生する電気的変化（電圧出力）を、下部電極層 10 と上部電極層 12 との間で捕らえることができる。従って、下部電極層 10 と上部電極層 12 とを出力検出部と呼ぶ。さて、各層の詳細を図 3 に示した。図 3 は図 2 に於ける A - A 断面である。即ち、基板層 9 は S i 基板とし、その厚みを 5000 Å とした。下部電極層 10 は、これを 2 層構造とし、基板側に T i 層 10 a と圧電材料側に P t 層 10 b を形成し、前者 10 a の層厚を 300 Å、後者 10 b の層厚みを 900 Å とした。圧電材料層 11 としては、基本的には、これを P Z T 層 11 b としたが、この層 11 b と下部電極層との間に、T i O₂ 層 11 a を介在させた。この層 11 a は、高性能で安定な P Z T を得るためのバッファ層として設けた。T i O₂ 層 11 a の層厚は 90 Å に、P Z T 層 11 b の厚みは 5000 Å としている。上部電極層 12 に関しては、これを P t 層とし、その層厚を 2400 Å とした。従って、梁部 5 は多層構造を有しており、梁部 5 を、その厚み方向で見ると圧電材料である P Z T 層 11 b は、梁部 5 の中立面から、厚み方向で非対称の位置関係にある。また、各梁部 5 の幅方向の離間距離（空き空間）は、梁部の幅相当としている。センサ 1 は、全体として、センサ長さ $L_a = 2 \text{ mm}$ 、センサ横幅 $W_a = 2 \text{ mm}$ 、センサ厚み $D_a = 1 \text{ mm}$ 程度のものである。

【0012】2 センサの製造

以下、センサ 1 の製造工程を図 4 に従って説明する。この製造工程は、半導体製造工程等と同質のマイクロデバイス加工工程からなっている。ただし、圧電材料の薄膜製造工程が、本願独特の手法、条件で行われる。以下、工程順に説明している。

イ n - S i 上に、リフトオフパターン用に、このパターン状に S i O₂ パターン部 13 を形成（図 4 - イ）。

ロ n - S i の表面にボロンを拡散させ、P⁺ - S i 層 14 を形成するとともに、表面に B S G 絶縁層 15 を形成（図 4 - ロ）。

ハ 梁部 5 として形成される部位（図 4（イ）（ロ）

(ハ) に於ける SiO_2 パターン部 13 の中間部位) を除いて P. R. (フォトリソグ) 層 16 を形成 (図 4-ハ)。

ニ 表面全面に、下部側から下部電極層 10 としての Ti 層 10a、Pt 層 10b を形成 (図 4-ニ)。この形成にあたっては、スパッタリング手法を採用した。ここで、Ti 層 10a の役割は、Pt と Si のなじみを良くするためのものである。

ホ さらに、下部電極層 10 を確定するため、リフトオフ処理 (図 4-ホ)。

ヘ このようにして得られた下部電極層 10 付のセンサ母材 100 を裏面側から EPW によりエッチング処理。

使用装置 CVD 薄膜形成装置

キャリアガス

窒素

原料流量

8 c c m

Pb ($\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_2$) :

0.8 c c m

Zr ($\text{t-OC}_2\text{H}_5$) :

2.8 c c m

Ti ($\text{i-OC}_2\text{H}_5$) :

150.0 c c m

O :

原料温度

136℃

Pb ($\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_2$) :

37℃

Zr ($\text{t-OC}_2\text{H}_5$) :

48℃

Ti ($\text{i-OC}_2\text{H}_5$) :

室温

O :

基板温度

560℃

チャンバー内圧力

2 T o r r

【0014】上記の条件で PZT 薄膜を形成するにあたり、成膜チャンバー内に Ti ($\text{i-OC}_2\text{H}_5$) のみを約 1 分導入することで、TiO₂ 層 11a を約 90 Å 形成した。この層 11a は、高性能で安定な PZT を得るために有効である。この後、チャンバー (図外) 内に、混合器 (図外) を経た Pb ($\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_2$) : Zr ($\text{t-OC}_2\text{H}_5$) : Ti ($\text{i-OC}_2\text{H}_5$) の混合ガスを 120 分導入し、PZT 層 11b を形成した。

ト その後 Pt スパッターにより上部電極層 12 を形成 (図 4-リ)。

3 センサの特性

上記のようにして得られた微小センサ 1 の特性を以下に紹介する。このようにして、得られた薄膜式微小センサの特性を測定した。その h 値は、700 MV/m であった。また、周波数特性は、20 ~ 100 kHz 付近に共振周波数が観測された。

【0015】以上、説明してきたように、本願が対象とする薄膜式微小センサにあっては、振動子のビルトインストレスを充分に制御する必要があるが、この制御が不十分だと、振動子に蓄積される疲労による振動子の寿命が短くなり、反りなどによる破損の要因になる。ここで、従来の物理的薄膜成膜方式 (スパッターリング) では、圧電材料の膜にひずみが多分に残留し、歪みの発生、寿命の短寿命化を将来する。しかしながら、本方法では、成膜の際、物理的干渉が少ないため、ビルトインストレスの低減化を図ることができる。これにより、従

この操作により、梁部 5 の外形が確定する (図 4-ヘ)。得られたものを図 4-トに示した。中間開口部 17 は、梁部 5 間もしくは、梁部 5 と先に説明した基板支持部 8 との間の空間となる。

ト 圧電材料層 11 を上記センサ母材 (下地電極付微小カンチレバー) 上に形成 (図 4-チ)。即ち PZT 薄膜を形成することとなるが、その薄膜形成手法として、熱 CVD 法を採用した。PZT 薄膜の形成条件は以下の通りである。

10 【0013】

【表 1】

来よりさらに薄い振動子の作製が可能となり、より高感度、小型の圧力センサの作製が容易となった。

【0016】さて、このような構造の薄膜式微小センサに於ける、共振周波数と梁部の延出長さとの関係を図 6 に示した。ここで、図 6 (イ) は、Si 基板の層厚さを上記の例のように 5000 Å に固定した場合に、熱電材料層 (PZT 層) の厚みを変化させた場合の梁部延出長さの変化状況を示しており、図 6 (ロ) は、熱電材料層 (PZT 層) の厚みを上記の例のように 5000 Å に固定した場合に、基板層の厚みを変化させた場合の梁部延出長さの変化状況を示している。これらの図から判明するように、梁部の延出長さを適切に選択しておけば、その共振周波数が変化するため、上記のように、延出長さの異なる複数の梁部を備えてセンサを構成することができ、これが本願の目的に合致している。

40 【0017】〔別実施の形態例〕本願の別実施の形態について以下に説明する。

イ) 上記の実施の形態にあっては、圧電材料としては、PZT を使用する例を示したが、基本的には、本願は梁部に熱歪みが残留しないことが重要な要件であるため、圧電材料の種類は、PZT に限られるものではない。従って、圧電材料としては、チタン酸鉛、チタン酸バリウム、PLZT、BST 等を挙げることができる。

ロ) 圧電材料として PZT を採用する場合にあって、上記の例では、電極材料 (下部電極・上部電極を含む) として主に Pt を採用する例を示したが、これは、Pt

に捕らわれるものではなく、 I_r 、 P_t/I_r など PZT への染み込み等の悪影響を及ぼさないものであれば、任意のものを選択できる。

【0018】本願の薄膜式微小センサは、延出長さが異なった複数の前記梁部を備え、この梁部に備えられる圧電材料の薄膜層が無機圧電材料薄膜層から構成されている。従って、異なる延出長さの梁部を複数有することで、一定範囲の周波数帯域（ $20\text{ kHz} \sim 100\text{ kHz}$ ）をカバーできる。従って、各梁部毎の出力により、梁部の構造に基づいて決定される共振周波数毎に、周波数分解された出力を得ることができる。さらに、全ての梁部の出力を重合わせた出力（所謂OR出力）を得られるように構成しておくことにより、所定の周波数帯域内に存する信号の強度を、全部合わせた状態で検出することができる。この構造の利点について説明すると、ガス導管に破損部が発生した場合にあっては、その破損部の大きさによっては、発生するAE波に周波数のばらつきが起こる。しかしながら、このようなばらつきがある場合にあっては、所定帯域の全てを、本願センサにあっては全てカバーできるため、確実な検知ができる。一方、本願の構成にあっては、一定範囲の周波数帯域（ $20\text{ kHz} \sim 100\text{ kHz}$ ）をカバーできるが、この周波数帯域の内、任意に選択できる特定の周波数範囲内（例えば $40 \sim 80\text{ kHz}$ ）にある出力のみを重合わせて出力

（所謂OR出力）をできるように構成しておいてもよい。この場合は、検出対象（ガス導管（金属製、プラスチック製等）、建築構造物（コンクリート製、木材製等）に従って、検知周波数帯域を選択限定でき、共通する比較的広帯域のものを共通部品として製作しておき、検知帯域を希望用途に沿って制限することで、使用勝手の非常によいものとなる。

【0019】尚、特許請求の範囲の項に図面との対照を便利にするために符号を記すが、該記入により本発明は添付図面の構成に限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本願のセンサの斜視図

【図2】梁部の積層構造を示す説明図

【図3】梁部を構成する各層の材料と層厚さの関係図

【図4】センサの製造工程の説明図

【図5】センサの使用状況を示す図

【図6】梁部の延出長さと共振周波数の関係を示す図

【符号の説明】

5 梁部

5a 第1基本周波数梁部

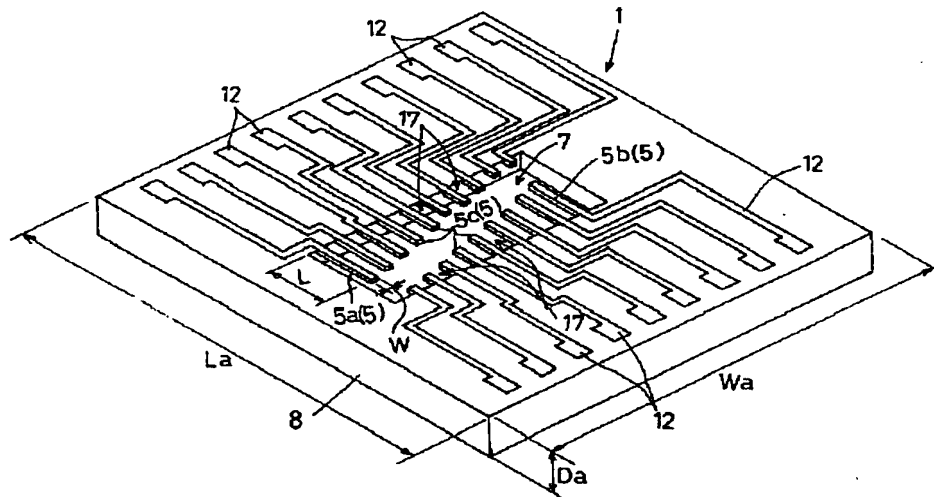
5b 第2基本周波数梁部

5c 高調波対応梁部

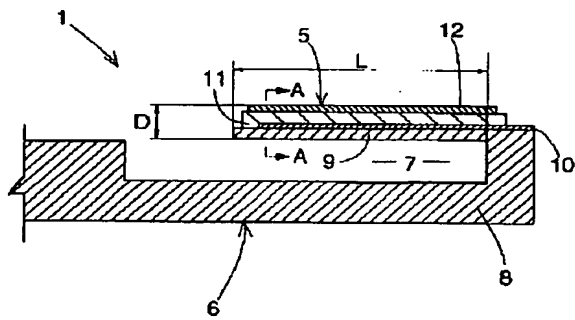
10 出力検出部（下部電極部）

12 出力検出部（上部電極部）

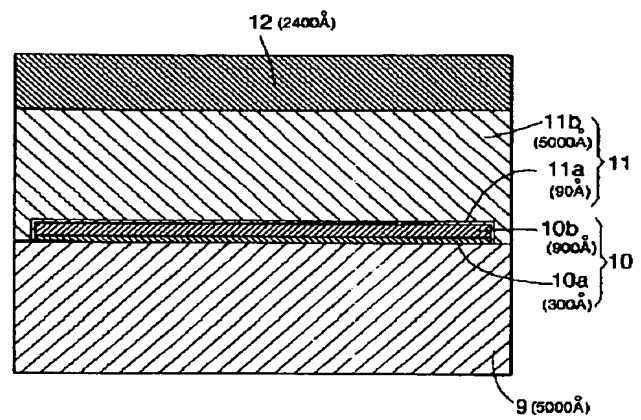
【図1】



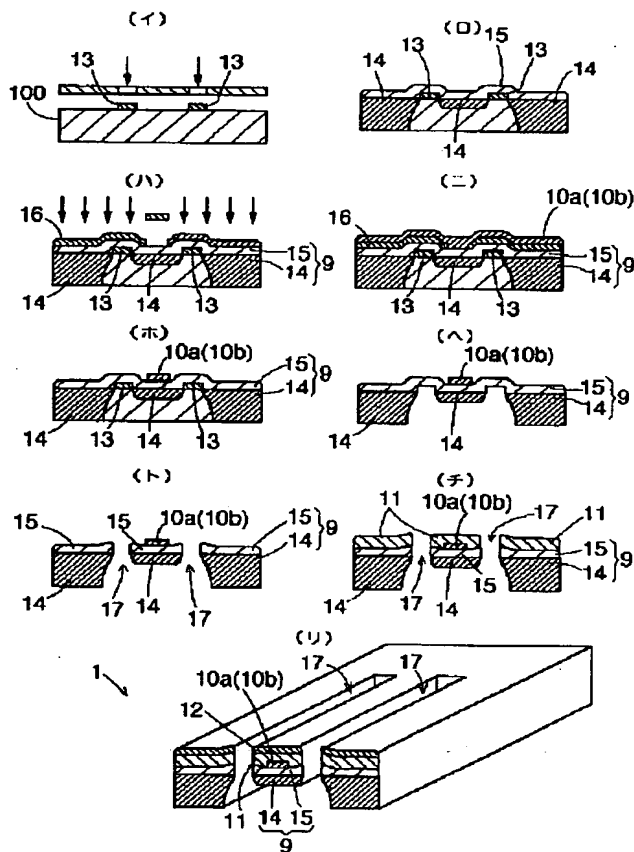
【 図 2 】



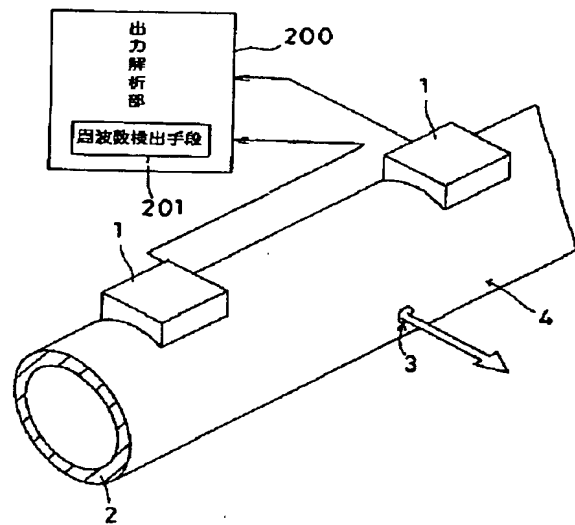
【 図 3 】



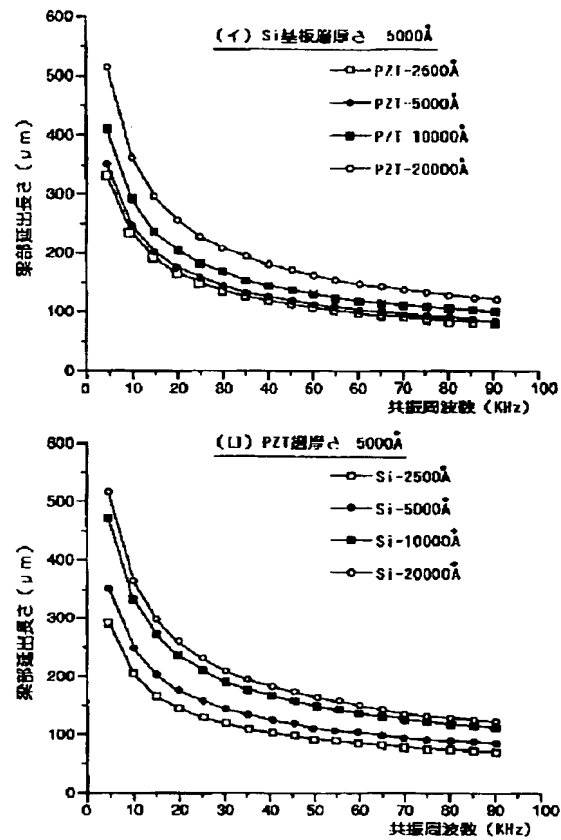
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 山田 良行
京都府京都市下京区中堂寺南町 1 7 株式
会社関西新技術研究所内
- (72)発明者 小林 孝
京都府京都市下京区中堂寺南町 1 7 株式
会社関西新技術研究所内
- (72)発明者 奥山 雅則
大阪府豊中市上野坂 1 - 1 6 - 1 3
- (72)発明者 山下 馨
大阪府池田市石橋 1 丁目 7 - 1 4 - 1 0 7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)